

2024 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2023 年度採択研究代表者

竹内 宏光

大阪公立大学 南部陽一郎物理学研究所
准教授

量子粘性の検証と複雑な量子流動現象の解明

研究成果の概要

韓国科学技術院(KAIST)の Jae-yoon Choi と Se Kwon Kim の研究グループと共同で、ケルビン・ヘルムホルツ不安定性(KHI)とよばれる、有名な流れに関する物理現象の量子力学版(量子 KHI)の観測に、世界で初めて成功した。また、本研究で観測した量子 KHI の界面で生じた渦が、2022 年に竹内が理論的に発見した新種のスキルミオン(三日月スキルミオン)であることが明らかになった。KHI は、速度が異なる 2 つの流体の境界面の波が発達して特徴的な渦巻き模様を引き起こす現象で、流体力学の分野で古くから知られており、フィンセント・ファン・ゴッホの代表作である「星月夜」にインスピレーションを与えたとも言われている。KHI は流体の粘性の有無に関わらず生じるため、粘性を持たない超流動体でも KHI が生じることが理論予測されたが、これまで KHI の界面波の形成は観測された例はなかった。本研究で発見された新種のスキルミオンは、超省エネ型次世代メモリデバイスなど、スキルミオンを活用した応用技術の基礎原理に革新をもたらすことが期待されている。

また、この新種のスキルミオンは慣性を持つ渦糸として振舞うことが理論的に予想されているが、このような渦の運動、とりわけ複数の渦糸が存在する場合の流体力学的挙動は、流体力学の分野でもほとんど理解されていない。慣性を持つ渦の基本的な運動を理論的に解明するために、点渦模型に慣性質量を与えた場合の運動方程式を理論・数值的に解析し、その特徴的な運動と従来の点渦模型を比較した。その結果、この系には慣性質量で決まる特徴的な長さ(渦質量長)が存在することがわかった。この系では、循環の向きが等しい二つの量子渦が回転運動を継続できる半径の下限が、循環の向きが反対の二つの量子渦には自発的に対消滅を起こす臨界半径が存在し、これらは渦質量長と同程度の長さとなることがわかった。

【代表的な原著論文情報】

- 1) SeungJung Huh, Wooyoung Yun, Gabin Yun, Samgyu Hwang, Kiryang Kwon, Junhyeok Hur, Seungho Lee, Hiromitsu Takeuchi, Se Kwon Kim, Jae-yoon Choi,
Beyond skyrmion spin texture from quantum Kelvin-Helmholtz instability
(submitted) arXiv: 2408.11217, (2024)
- 2) Akihiro Kanjo, Hiromitsu Takeuchi
Universal description of massive point vortices and verification methods of vortex inertia in superfluids
Physical Review A 110, 063311 (2024)